

# **Propostas didácticas potenciadoras de conexões entre matemática e ciências em contextos de educação formal e não formal – contributos do processo de validação**

Sofia Nogueira; Celina Tenreiro-Vieira; Isabel Cabrita  
U. Aveiro – CIDTFP

## **RESUMO**

Recomendações curriculares em matemática, nacionais e internacionais, apelam ao desenvolvimento de capacidades ligadas à resolução de problemas e à comunicação e ao estabelecimento de conexões com outras áreas do saber, como as Ciências Físicas e Naturais. Contudo, em provas nacionais e internacionais, a média dos alunos portugueses apresenta baixo desempenho na resolução de situações relativas a Ciências Físicas e Naturais e a Matemática, particularmente, no que diz respeito à resolução de problemas. Uma via que poderá contribuir para potenciar o desenvolvimento das referidas capacidades consiste em estabelecer sinergias entre a escola e um contexto de educação não formal. Na presente comunicação descreve-se uma investigação em Didáctica que persegue como finalidade conceber, produzir, implementar e avaliar o impacto de situações de exploração de módulos interactivos de ciências no desenvolvimento de capacidades matemáticas de alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico (CEB). Apresenta-se uma síntese do quadro teórico de referência que orientou a concepção e a produção das referidas situações. Foca-se, ainda, a validação de documentos que suportam tais situações e outro que apresenta o quadro teórico referencial, decorrente de contributos de validadores e da implementação de um estudo-piloto.

## **FINALIDADE E OBJECTIVOS DO PROJECTO E DO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DAS PROPOSTAS DIDÁCTICAS**

Nesta comunicação, foca-se o processo de validação de instrumentos de recolha de dados que surge no âmbito de um projecto de doutoramento em Didáctica.

Este tem por finalidade avaliar o impacto de situações de exploração matemática de módulos interactivos de ciências, na promoção de capacidades ligadas à resolução de problemas e à comunicação, em alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico [CEB]. Decorrente desta finalidade, foram concebidas, produzidas e validadas propostas didácticas, as quais articulam dois contextos de implementação: um formal (sala de aula) e outro não formal (Jardim da Ciência situado no Departamento de Educação da Universidade de Aveiro).

O processo de validação das propostas didácticas teve duas vertentes: painel científico; e estudo-piloto. Na primeira pretendeu-se corrigir os documentos,

ao nível da Matemática, Biologia e Física. A segunda teve por objectivos adequar os documentos ao público-alvo e prever o tempo a despendar no estudo de caso.

## ENQUADRAMENTO TEÓRICO

As situações de exploração matemática de módulos interactivos de ciências desenvolvidas solicitam a mobilização de capacidades de resolução de problemas e de comunicação (em) matemática. A opção por tal enfoque decorre de dois motivos. Um deles é relativo a recomendações curriculares nacionais e internacionais em matemática (Ponte et al. 2007a; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2007; Ministério da Educação [ME] (2004a); Departamento de Educação Básica [DEB], 2001) e a posições assumidas por diversos investigadores em Educação em Matemática. Tais posições e recomendações enfatizam, entre outros aspectos, a necessidade de estabelecer conexões entre a matemática e as ciências físicas e naturais e o desenvolvimento da resolução de problemas e da comunicação (em) matemática dos alunos no Ensino Básico. Neste âmbito, é de salientar o preconizado, neste âmbito, no *Programa de Matemática do Ensino Básico* [PMEB] (Ponte et al., 2007). Neste documento de orientação curricular, a comunicação matemática e a resolução de problemas são identificadas como capacidades transversais a toda a aprendizagem de Matemática. A este nível, para o 1º CEB são enunciados objectivos gerais de aprendizagem como: desenvolver as capacidades de “resolver problemas em contextos matemáticos e não matemáticos, adaptando, concebendo e pondo em prática estratégias variadas e avaliando resultados” (p. 29) e “comunicar oralmente e por escrito, recorrendo à linguagem natural e à linguagem matemática, interpretando, expressando e discutindo resultados, processos e ideias matemáticos” (id:ib). Ainda, nos Objectivos Gerais do ensino da Matemática, o documento destaca o papel das conexões intra-matemática, com outras áreas do saber e com situações do quotidiano. O outro motivo relaciona-se com os baixos resultados de alunos portugueses do Ensino Básico em estudos que avaliam o seu desempenho em matemática e em ciências. Relativamente a estudos internacionais, destaca-se o *Third International Mathematics and Science Study* [TIMSS] e o *Programme for International Student Assessment* [PISA]. A avaliação do PISA acontece em ciclos de três anos, tendo tido início em 2000. Em cada ciclo são avaliados os domínios da literacia em leitura, da literacia matemática e da literacia científica. Contudo, cada ciclo focou a avaliação de um domínio, respectivamente: literacia em leitura (2000); literacia matemática (2003); e literacia científica (2006). Nos três ciclos do PISA, os resultados médios dos alunos portugueses em literacia matemática e em literacia científica são, claramente, inferiores aos obtidos, em média, no espaço da OCDE (GAVE, 2001, 2004a, Pinto-Ferreira et al., 2007). O PISA 2003 apresentou um domínio adicional – o da resolução de problemas (GAVE, 2004b), no qual se verificou que o desempenho médio dos alunos portugueses avaliados é inferior ao da média dos da OCDE

(GAVE, 2004c). Em provas nacionais de aferição de matemática do 4º ano de escolaridade do 1º CEB (ME, 2004b), os resultados dos alunos avaliados denotam que a maioria evidencia baixos níveis de consecução na resolução de problemas e na comunicação (em) matemática, entre outros aspectos.

A implementação das situações de exploração de módulos interactivos de ciências articula dois contextos: um de educação formal (sala de aula) e outro de educação não formal (Jardim da Ciência). A selecção dos mesmos deve-se ao reconhecimento mundial de que a escola não pode nem deve ser a única responsável pela promoção da literacia (National Science Board [NSB], 2002). Assim, é legítimo procurar respostas eficazes na educação não formal como um dos contributos para tal (United Nations Education Science and Culture Organization [UNESCO], 2006a) e, quando possível, nas sinergias entre esta e a educação formal (UNESCO, 2006b; Metz, 2005).

A criação de oportunidades de desenvolvimento de capacidades de ordem superior no contexto da educação matemática dos alunos, tais como a resolução de problemas e a comunicação (em) matemática, é essencial, como forma de os preparar para os desafios do dia-a-dia, quer a nível pessoal quer a nível profissional.

A partir da revisão de literatura sobre a resolução de problemas e a comunicação (em) matemática, construiu-se um referencial teórico que permite identificar capacidades básicas ligadas à resolução de problemas e à comunicação (em) matemática. O mesmo orientou a concepção e a produção das situações matemáticas a propor aos alunos participantes no estudo e a avaliação do seu desempenho.

### **A resolução de problemas como capacidade superior**

Com base em aspectos comuns emergentes da análise comparativa entre perspectivas de diversos autores sobre a resolução de problemas (Dewey, 1910, citado por Ausubel et al., 1968; Pólya, 1946; Fan e Zhu, 2007; Hayes, 1981; Bransford e Stein, 1993; Rebola, 2002; Lester, Charles e O'Daffer, em Fonseca, 1997; GAVE, 2004b; Ball et al., 2005; Lima, 2007; NCTM, 2007), no Quadro 1, identificam-se momentos que a caracterizam.

Do quadro 1 ressaltam dois aspectos:

A resolução de um problema pode não englobar todos os momentos enunciados. Porém, estes tendem a suceder, como referido no Quadro 1;

Quando o resolvidor se encontra no momento de Avaliar o trabalho desenvolvido pode sentir necessidade de conceber novo plano ou até mesmo de reler o enunciado para melhorar a sua compreensão do problema de modo a alcançar outra solução.

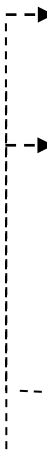
**Quadro 1.** O que envolve cada momento da resolução de problemas.

| <b>Momento</b>                       | <b>O que envolve</b>   |
|--------------------------------------|--|
| Compreensão do problema              | Identificar e compreender a questão, as condições, as variáveis e os dados relevantes do problema  |
| Concepção de um plano                | Seleccionar estratégias de resolução de problemas adequadas  |
| Execução do plano                    | Implementar a(s) estratégia(s) de resolução de problemas planeada(s)   |
| Avaliação do trabalho desenvolvido   | Rever o trabalho desenvolvido até então<br>Concluir acerca da (in)existência de uma solução<br><br>Efectuar ajustamentos considerados necessários em ordem à obtenção de uma solução adequada ou a mais adequada possível ao contexto do problema (possibilidade de proceder à concepção de novo plano e podendo ou não, ser antecedida de nova compreensão do problema) |
| Comunicação da resolução do problema | Organizar e sistematizar os dados relevantes do caminho percorrido para obter uma resposta e da solução alcançada, dirigindo a comunicação a si ou a uma audiência externa (tais dados são relativos à Compreensão do problema, à Concepção de um plano e à Execução do plano)   |
| Sistematização de aprendizagens      | Identificar dificuldades e acções bem sucedidas<br><br>Identificar possíveis aplicações de aprendizagens decorrentes da resolução do problema  |

Tendo por base uma revisão de literatura focada em capacidades básicas que concorrem para a resolução de problemas que considerou as perspectivas enunciadas em programas curriculares de Matemática (Ponte et al., 2007a; NCTM, 2007; DEB, 2001) e outros autores como Pólya (1946) e GAVE (2004b), construiu-se o Quadro 2.

**Quadro 2.** Descrição de capacidades básicas de resolução de problemas relativas aos diferentes momentos.

| <b>Momento</b> | <b>Descrição de capacidades específicas relativas ao momento correspondente</b> | <b>Capacidades transversais a todos os momentos</b> |
|----------------|---|---|
|----------------|---|---|

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Compreensão do problema                        | Formular o problema por outras palavras<br>Identificar a questão do problema<br>Identificar as condições do problema<br>Identificar os dados do problema relevantes para a sua resolução  | Relacionar informações do problema entre si e com informações anteriores<br>Utilizar notação científica adequada                             |
|  | Concepção de um plano de resolução do problema | Identificar um problema relacionado com o que se quer resolver<br>Seleccionar as estratégias a utilizar na resolução do problema  | Utilizar (construir e/ou interpretar) representações matemáticas adequadas<br>Traduzir a linguagem comum em linguagem matemática e o inverso |
|  | Execução do plano de resolução do problema     | Implementar a(s) estratégia(s) seleccionada(s)<br>Evidenciar uma ou mais soluções para o problema ou concluir sobre a inexistência desta  |  |
|  | Avaliação do trabalho desenvolvido             | Analisar a(s) estratégia(s) implementada(s) e corrigir eventuais erros<br>Seleccionar e identificar a melhor solução (no caso de ser apresentada mais que uma)<br>Justificar a solução seleccionada através da melhor adequação à(s) condição(ões) e aos objectivos do problema |  |
|  | Comunicação da resolução do problema           | Apresentar o trabalho desenvolvido até ao alcance da melhor solução<br>Adequar os meios e as estratégias utilizadas na comunicação da resolução do problema a uma audiência particular  |  |
|  | Sistematização de aprendizagens                | Identificar dificuldades na resolução do problema<br>Identificar acções bem sucedidas<br>Utilizar a solução e/ou a(s) estratégia(s) em outras situações em que seja(m) adequada(s)  |  |

### A comunicação (em)matemática como capacidade superior

Com base em diversos autores (NCTM, 1991, 2007; ME, 2004a; DEB, 2001; Correia, 2005; Bransford e Stein, 1993; Ponte et al., 2007a; Ponte et al.

2007b; Bassarear, referido em Mamede, 2002; Martins et al., 2002), identificaram-se capacidades básicas da comunicação (em) matemática e aspectos que concorrem para o uso eficaz de tais capacidades, conforme se evidencia no Quadro 3.

**Quadro 3.** Descrição de capacidades básicas da comunicação (em) matemática.

| <b>Descrição da capacidade</b>   | <b>Aspectos que concorrem para o uso eficaz de cada capacidade</b>   |
|--|--|
| Apresentar, oralmente ou por escrito, o pensamento matemático pessoal  | Definir e considerar a Mensagem<br>Definir e considerar o Objectivo<br>Ter em consideração a Audiência<br>Ter em consideração a Linguagem (Clareza, Rigor e Organização de ideias)<br>Identificar os Recursos necessários  |
| Argumentar a propósito de situações que envolvam informação científica | Tomar uma posição pessoal (e, se necessário, modificá-la), sempre que as evidências e as razões sejam suficientes para o fazer<br>Apresentar argumentos matemáticos válidos, claros e completos para defesa da sua posição e justificar métodos, procedimentos e resultados (através, por exemplo, da apresentação de evidências empíricas, de alguns exemplos, da especificação de propriedades matemáticas utilizadas)   |
| Interagir com o outro numa situação que envolva informação científica  | Apresentar e justificar a sua posição<br>Escutar e respeitar a posição de outrem sobre aspectos relevantes em situações que envolvam informação matemática<br>Compreender a posição de outrem (avaliar os argumentos matemáticos de outrem, identificando nestes, pontos fortes e limitações), sendo capaz de a parafrasear<br>Questionar e responder a questões de esclarecimento do pensamento matemático (por exemplo: Qual a tua posição sobre "..."?; Por que és dessa opinião?; O que queres dizer com "..."?; Que exemplo me dás daquilo que afirmas?; Podes descrever-me como alcançaste essa resposta?; Por que preferes essa hipótese (e não outra)?; Como é que essa hipótese se adequa a esta situação?; O que queres dizer é "..."?)<br>Negociar significados |
| Lidar com diferentes representações matemáticas,                       | (Re)construir as suas próprias representações ainda que não convencionais mas que produzam sentido para quem as concebe/interpreta   |

|  |  |
|--|--|
| apropriadamente  | <p>Construir e interpretar representações matemáticas convencionais (por exemplo, diagramas, esquemas, tabelas, quadros, gráficos, expressões simbólicas)</p> <p>Compreender ideias/informação matemática contidas em diversas representações matemáticas</p> <p>Seleccionar, aplicar e interpretar representações para evidenciar compreensão e resolução de um problema, para registar uma estratégia de resolução e para o descrever a outros</p> <p>Identificar e analisar pontos fortes e fracos de diversas representações atendendo a objectivos diferentes</p> <p>Construir e alternar entre diversas representações matemáticas</p> |
| Combinar a linguagem matemática e a linguagem comum de forma eficiente | <p>Ler, interpretar e escrever textos de matemática, sobre a matemática ou em que haja informação matemática</p> <p>Traduzir um enunciado oral ou escrito, da linguagem matemática para a linguagem comum e o inverso</p> <p>Utilizar, adequadamente, a terminologia e a simbologia matemática convencional</p> <p>Descrever, matematicamente, objectos, relações e ideias</p>   |

Os quadros 1, 2 e 3 permitiram orientar o desenvolvimento de propostas promotoras das capacidades matemáticas supramencionadas, relativas a três dos diversos módulos do JC.

### O Jardim da Ciência

No Anexo são apresentados os módulos existentes no JC e a informação de exploração contida no placard junto a cada um, usada em visitas guiadas.

O Laboratório Aberto de Educação em Ciências [LEduC] (fig. 1) e o Espaço Desafios (fig. 2) são espaços que se encontram ligados ao JC.

**Fig. 1** Interior do LEduC (laboratório e sala de trabalho)



**Fig. 2** Espaço Desafios



O LEduC compreende um laboratório e uma sala de trabalho. Pretende promover a cultura científica de alunos do Jardim-de-Infância até ao 2º CEB e a articulação entre a investigação em Educação em Ciências e a formação inicial e contínua de docentes. Alunos de formação inicial e continuada de professores do Ensino Básico e investigadores podem aí desenvolver recursos didácticos e (re)avaliar o seu impacto.

O *Espaço Desafios* encontra-se coberto e possui mesas onde os visitantes podem manipular objectos na realização de jogos e desafios sobre a Ciência e/ou Tecnologia. Entre estes encontram-se periscópios, prismas, espelhos curvos, puzzles e ímanes.

## METODOLOGIA

Atendendo à finalidade da investigação, esta assume-se como investigação-acção possuindo uma natureza, tendencialmente, qualitativa com intenções interpretativas, seguindo uma abordagem de estudo de caso, tal como defendido por ... (aqui deveria mencionar alguns autores).

## Desenvolvimento

A selecção dos módulos envolveu a identificação da Ciência Física ou Natural para que estava vocacionada a exploração de cada um e as suas potencialidades em estabelecer conexões com a Matemática através da análise dos programas curriculares nacionais para o 1º CEB, em matemática e em ciências experimentais. Os módulos e as temáticas (duas relativas a Física e uma a Biologia) escolhidos foram: “Cordas que Tocam” incidindo em Alavancas e Equilíbrios; “Tenda de Espelhos” focando Espelhos; e “Aquário da nossa Costa” explorando Biodiversidade aquática.

Sobre a exploração dos módulos seleccionados foram concebidas e produzidas situações matemáticas cujo referencial consta nos quadros 1, 2 e 3. Tais situações encontram-se na colecção “Visita de Estudo ao Jardim da Ciência”, desenvolvida no âmbito do referido projecto. Tal colecção compreende um documento que a contextualiza, três guiões do professor e respectivos guiões do aluno. Cada um dos últimos foca a exploração de um dos referidos módulos seleccionados do JC, através da vivência de situações promotoras das capacidades de resolução de problemas e de comunicação



(em)matemática destinadas a serem realizadas em sala de aula (antes e após a visita) e no JC, incluindo o LEduC e o Espaço Desafios.

### **Validação por um painel científico**

A selecção dos quatro validadores dos documentos pertencentes à colecção “Visita de Estudo ao Jardim da Ciência” atendeu a critérios de adequação do seu currículo vitae profissional aos objectivos perseguidos por tais documentos.

Um propósito do documento que enquadra a colecção a que pertence é a contextualização do desenvolvimento das situações propostas nos guiões do aluno e a avaliação das suas produções através da apresentação de um quadro teórico de referência sobre resolução de problemas e comunicação (em)matemática, pois o propósito base das situações propostas nos guiões do aluno é a promoção de tais capacidades. Por esses motivos, foi seleccionado um validador licenciado em Matemática, mestre em Ciências da Educação, doutorado em Didáctica, com larga experiência como docente do ensino superior nas áreas de Matemática, Didáctica e Supervisão de Prática Pedagógica e que desenvolve investigação na área de Didáctica e, em particular, da integração da História e Filosofia da Matemática/Ciência na formação de professores para a escolaridade básica. Entre os seus contributos, destaca-se a reformulação na enunciação de algumas capacidades ligadas à resolução de problemas e a correcção científica de conceitos matemáticos e o seu uso mais adequado nos enunciados das propostas.

Dois dos guiões do aluno apresentam propostas cujo contexto é a Física. Assim, seleccionou-se outro validador que é doutorado na área da Física, docente de Didáctica da Física a alunos da licenciatura em Educação Básica, organizador e membro de comissões científicas em eventos científicos nacionais e internacionais na área da Física, orientador no âmbito da disciplina de Prática Supervisionada numa Universidade e que se tem envolvido em projectos ligados ao desenvolvimento de recursos didácticos em Física, à divulgação científica e à educação não formal (entre os quais, o *Ciência Viva*). O contributo deste validador centrou-se na correcção científica de conceitos e de procedimentos próprios da Física e em aspectos da didáctica da Física.

Outro guião do aluno foca propostas ligadas à Biologia marinha. Por esse motivo, seleccionou-se um validador licenciado em Biologia e mestre em Biologia Marinha com experiência profissional como monitor em contextos de educação não formal em ciências, nos quais, entre outras funções, assumiu as de monitor e de manutenção de aquários. O seu contributo reflectiu-se a nível da correcção científica de conceitos específicos de Biologia e de alterações de enunciados de propostas de modo a que estes se tornassem mais precisos e claros e apresentassem situações mais credíveis.

As situações propostas destinam-se a alunos do 4º ano do 1º CEB e, por isso, considerou-se haver necessidade de seleccionar um validador com longa experiência de leccionação no 1º CEB. O validador seleccionado possui trinta e dois anos de serviço docente, um Mestrado em Gestão Curricular (ligado ao processo de ensino e aprendizagem em Matemática), é formador no âmbito do Programa de Formação Contínua em Matemática com Professores do 1ºCEB e participou num projecto de produção de recursos didácticos para o ensino de ciências no 1º CEB. Os seus contributos tiveram especial impacto na reformulação da apresentação das situações propostas, nomeadamente, ao nível gráfico e da adequação da linguagem ao público-alvo e no desenvolvimento dos guiões do professor.

Após reformulação dos guiões do aluno, na sequência da apreciação feita pelos diferentes validadores, decidiu-se fazer uma implementação piloto dos mesmos com o propósito de os melhor adequar ao público-alvo (alunos do 4º ano do 1º CEB) e aos objectivos mencionados.

## **ESTUDO-PILOTO**

O estudo-piloto teve por objectivo principal recolher dados que, depois de analisados, pudessem apoiar na concretização dos guiões do professor e na reformulação das situações propostas nos guiões dos alunos.

### **Seleção dos participantes**

Cada guião do aluno foi implementado numa de três turmas do 3º ano do 1º CEB. A escolha deste ano de escolaridade deveu-se ao facto do estudo-piloto ter decorrido durante o 3º período do ano lectivo 2008/2009 e tais alunos se encontrarem, em termos etários e de programa curricular leccionado, mais próximos dos alunos do 4º ano do EB, no início do ano lectivo, que constituem o estudo de caso. As turmas foram escolhidas devido à proximidade geográfica entre as respectivas escolas e a Universidade de Aveiro, onde teriam de se deslocar, numa visita de estudo, após a anuência dos respectivos docentes titulares de turma e de informação aos coordenadores dos respectivos coordenadores de agrupamento e de escola.

### **Caracterização dos participantes no estudo-piloto**

O estudo-piloto envolveu 66 alunos com uma média de idades de 9 anos, repartidos por três turmas do 1º CEB (quadro 5), distribuídas por duas escolas situadas em zonas limítrofes da cidade de Aveiro.

Considerando a variável sexo poder-se-á afirmar que a distribuição é, relativamente, equilibrada (30 rapazes e 36 raparigas). Contudo, há mais indivíduos do sexo masculino nas turmas A e C. Os alunos com Necessidades Educativas Especiais [NEE] e Dificuldades de Aprendizagem [DA] apenas fizeram as propostas durante a visita por, nos dias da ida à escola, se

ausentarem da sala de aula para realizar actividades com a professora de apoio ou por estarem a realizar fichas de avaliação.

**Quadro 4.** Caracterização das turmas participantes no estudo-piloto e guião implementado em cada uma

| Turma | Nº de alunos | Nº de alunos com Necessidades Educativas Especiais e Dificuldades de Aprendizagem | Rapazes |    | Raparigas |    |
|-------|--------------|---|---------|----|-----------|----|
|       |              |   | Nº      | %  | Nº        | %  |
| A     | 22           | 0   | 9       | 41 | 13        | 60 |
| B     | 19           | 3   | 10      | 52 | 9         | 48 |
| C     | 25           | 1   | 11      | 44 | 14        | 56 |

**Implementação dos guiões**

Em cada turma foi implementado um diferente guião do aluno, conforme explicitado no quadro 5.

**Quadro 5.** Guiões do aluno implementados em cada turma

| Turma    | Guião do aluno implementado   |
|----------|---|
| <b>A</b> | Uma visita de estudo ao Jardim da Ciência – Explorando a <b>Tenda de Espelhos</b> |
| <b>B</b> | Uma visita de estudo ao Jardim da Ciência – Explorando o <b>Aquário</b>           |
| <b>C</b> | Uma visita de estudo ao Jardim da Ciência – Explorando <b>Cordas que Tocam</b>    |

Os guiões do aluno estão organizados em três fases, relativas à visita de estudo ao JC: Antes da visita; Durante a visita; Após a visita.

A implementação de cada fase decorreu por sessões. Em cada sessão optou-se por entregar aos alunos apenas as folhas do guião do aluno, contendo as questões cuja resolução era proposta para aquele momento. Deste modo, pretendeu-se salvaguardar o efeito surpresa relativo aos desafios propostos no momento. Pediu-se aos alunos que, logo após a recepção de cada folha, se identificassem, registando em cada página com o seu nome e apelido e que escrevessem a data. Finda cada sessão, as folhas eram imediatamente recolhidas e guardadas pela investigadora. Assim, pretendeu-se prevenir que os alunos perdessem folhas do seu guião.

**Diário de investigação**

Durante a implementação de cada guião foram redigidas notas de campo. O seu objectivo era o de registar informação útil à reformulação do guião e à sua implementação, entre as quais se destacam: a organização dos alunos na

resolução das propostas; o tempo dispendido na resolução de cada proposta; as dificuldades manifestadas pelos alunos, ao nível da compreensão do enunciado, da resolução do proposto e da manipulação dos recursos, entre outras; imprevistos; alterações, imediatas, ao solicitado no guião, atendendo a imprevistos; ideias de reformulações consideradas no momento.

### **Reunião com os docentes titulares das turmas participantes no estudo-piloto**

Após cada sessão existiu um diálogo com as professoras acerca: i) do modo de trabalho usado na resolução de cada situação proposta; ii) das dificuldades apresentadas pelos alunos; e iii) de alterações a introduzir na apresentação das situações propostas que pudessem ser potencialmente facilitadoras da compreensão do aluno face ao solicitado.

Após a implementação dos guiões dialogou-se com cada docente acerca i) das suas impressões sobre o guião implementado e o feedback dos alunos ii) e da proposta de guião reformulada que lhes foi apresentada, considerando as notas de campo e a análise das produções dos alunos. Os docentes apenas tiveram acesso ao guião reformulado, durante a reunião. Na sua opinião, cada guião reformulado estava, globalmente, melhor conseguido que o implementado. Ainda assim, sugeriram a reformulação de alguns enunciados e alterações na disposição de alguma informação.

A docente da turma onde foi implementado o guião focado na exploração da Tenda de Espelhos era contratada e possuía 8 anos de experiência lectiva no 1.º CEB. É Mestre em Educação em Ciências no 1.º CEB, o que se revelou útil nas sugestões de reformulação que fez relativamente a aspectos da Física. Relativamente ao guião do aluno implementado, a professora salientou que algumas ilustrações estavam pouco perceptíveis e que o texto de alguns enunciados era extenso para os alunos. Sobre o guião reformulado referiu que, de um modo global, se encontrava com um grau de complexidade mais adequado aos alunos, enunciados mais claros e propostas que exigiam menos tempo de resolução. Todavia fez três sugestões de alteração: uma dizia respeito a tornar uma das propostas mais complexa; as outras a aspectos práticos, como distribuir uma folha de rascunho, numa proposta, e marcar os três tipos de espelhos da Tenda de Espelhos.

Relativamente ao guião focado no Aquário, a docente considerou as propostas entusiasmantes. Porém, salientou que algumas eram demasiado complexas para os alunos, uma vez que ainda não tinham trabalhado ou não tinham bem consolidados, conteúdos solicitados como o conceito de volume e do cálculo da décima parte, do quociente de um número inteiro por um número decimal e da metade de um número inteiro ímpar. Em relação às propostas que envolviam conteúdos do conhecimento dos alunos, a professora foi de opinião que se deveriam manter. A reformulação do guião foi apenas parcial, uma vez que, então, o aquário se encontrava em processo de decisão sobre se o seu ambiente seria mudado – o que veio a suceder,

dando lugar a um aquário que, actualmente, apresenta espécies predominantes na costa de Aveiro. Por esse motivo, apenas algumas situações foram resgatadas.

Relativamente ao guião focado na exploração do módulo Cordas que Tocam, a docente considerou a maioria das propostas adequadas ao nível dos conteúdos abordados e do grau de complexidade do desafio. Identificou como dificuldade dos alunos, a compreensão do pedido em alguns enunciados (por exemplo, a descrição da relação matemática entre relação entre o comprimento do braço de uma catapulta e a distância a que o objecto é projectado a propósito dos lançamentos que fizeram de um objecto para tentar acertar no interior de um castelo). De um modo global, a docente é de opinião que as propostas apresentadas no guião reformulado possuem um grau de complexidade adequado ao 4º ano de escolaridade, são atractivas e promotoras de capacidades ligadas à resolução de problemas e à comunicação (em) matemática. As suas sugestões orientaram a elaboração de enunciados mais claros e a organização da informação apresentada.

A observação no estudo-piloto permitiu identificar nos guiões do aluno, aspectos merecedores de reformulação. Relativamente às situações propostas houve necessidade de produzir enunciados mais claros (em alguns casos, o uso de vocabulário desconhecido para os alunos como “amplitude” e “anamórfico”) e de adaptar o seu grau de complexidade (a título ilustrativo, os alunos tiveram dificuldade em desenhar um periscópio em 3D e uma figura numa grelha seguindo coordenadas e em traduzir em linguagem corrente uma expressão matemática que representava o equilíbrio de crianças num balancé). Em relação ao aspecto gráfico os alunos revelaram dificuldade em compreender as imagens ora por terem tamanho reduzido, ora por estarem com pouca resolução, ora por serem figuras. Assim, tornou-se necessário substituir figuras por documentos autênticos com melhor resolução (por exemplo, fotografias dos módulos e de objectos a planificar e construir como o periscópio e um castelo). A ineficácia do modo de trabalho dos alunos em algumas propostas motivou que algumas tarefas individuais se destinassem a serem realizadas em grupo e o contrário e organização dos alunos em grupos de trabalho (para as tarefas propostas verificou-se que o número de elementos mais adequado seria 4 ou 5).

No âmbito da resolução de problemas, os alunos apresentaram mais dificuldade na compreensão do enunciado, o que comprometeu a mobilização de capacidades ligadas às fases seguintes. No âmbito da comunicação (em) matemática revelaram mais dificuldade na escrita face à oralidade e na combinação da linguagem matemática com a linguagem comum de forma eficiente, de que é exemplo, a descrição de figuras e sólidos geométricos e o questionamento aos colegas envolvendo informação matemática.

## CONCLUSÕES

A apreciação dos validadores e a implementação do estudo-piloto sobre as versões reformuladas permitiram identificar alterações que deveriam ser feitas, sobretudo, ao nível: do aspecto gráfico (tamanho/qualidade/adequação/atractividade das imagens, disposição e quantidade de informação); da clarificação dos enunciados (substituição de vocabulário); da adequação do grau de complexidade das situações integradas nos guiões do aluno (na maior parte dos casos, tal implicou a redução da complexidade da tarefa); da organização do modo de trabalho dos alunos na resolução das situações propostas. Ainda, permitiu obter informações a considerar na elaboração dos guiões do professor, tais como: a sugestão de alternativas de implementação face à ocorrência de diversas situações; a enumeração dos recursos necessários; a organização dos alunos em conjugação com o diversificar o modo de trabalho de modo a potenciar a aprendizagem (individual/grupo/turma); o tempo estimado para a maioria concretizar cada situação proposta; possíveis reacções dos alunos; de questões que o professor pode colocar ao aluno para estimular o seu pensamento e daquelas que se sugere que não sejam feitas por serem indutoras de uma resposta correcta; antecipação de dúvidas dos alunos, perspectivando linhas de actuação para ajudar os alunos a ultrapassá-las.

## REFERÊNCIAS

- Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H. (1968). *Educational Psychology. A cognitive view*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Ball, D., Ferrini-Mundy, J., Kilpatrick, J., Milgram, R., Schmid, W., Schaar, R. (2005). Reaching for Common Ground in K–12 Mathematics Education. *Notices of the AMS*. 52(9), 1055-1058.
- Bransford, J. and Stein, B. (1993). *The IDEAL problem solver. A guide for Improve Thinking, Learning, and Creativity*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Correia, E. (2005). *Aprender matemática – hoje: ensino básico*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Departamento de Educação Básica [DEB] (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Fan, L, and Zhu, Y. (2007). Representation of problem-solving procedures: A comparative look at China, Singapore, and US mathematics textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 61-75.
- Fonseca, L. (1997). Processos utilizados na resolução de problemas por futuros professores de matemática. Em, A. Borralho e M. Borrões (Eds.). *Ensino/Aprendizagem de Matemática: Algumas perspectivas metodológicas*. Évora: Universidade de Évora, 9-65.
- Gabinete de Avaliação Educacional [GAVE] (2004a). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2003*. Lisboa: ME/GAVE.
- GAVE (2004b). *Conceitos Fundamentais em Jogo na Avaliação de Resolução de Problemas*. Lisboa: ME/GAVE.
- GAVE (2004c). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2003*. Lisboa: ME/GAVE.







- GAVE (2001). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2000*. Lisboa: ME/GAVE.
- Hayes, J. (1981). *The complete problem solver*. New Jersey: Lawrence Erlbaum
- Lima, A. (2007). *TIC e desenvolvimento de competências de resolução de problemas*. Tese de mestrado em Educação em Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico. Documento policopiado. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Mamede, E. (2001). *O papel da calculadora na resolução de problemas: um estudo de caso no 1.º Ciclo do Ensino Básico*. Tese de mestre em Educação, área de Especialização em Supervisão Pedagógica em Ensino da Matemática. Documento policopiado. Braga: Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho.
- Martins et al. (2002). O trabalho investigativo nas aprendizagens iniciais da matemática. In Ponte et al. *Actividades de Investigação na Aprendizagem da Matemática e na Formação de Professores*. Secção de Educação e Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação. 59-82. Coimbra.
- ME (2004). *Provas de aferição do Ensino Básico — relatórios nacionais*. Lisboa: Ministério da Educação/Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular.
- Menezes, L. (2004). *Investigar para ensinar Matemática: contributos de um projecto de investigação colaborativa para o desenvolvimento profissional de professores*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Educação. Lisboa: APM.
- Metz, D. (2005). Field-Based Learning in Science: Animating a Museum experience. *Teaching Education*, 16 (2), 165-173.
- Ministério da Educação [ME] (2004a). *Programa do 1.º ciclo do ensino básico*. Lisboa: ME.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2007). *Princípios e normas para a matemática escolar*. Lisboa: APM. Tradução portuguesa: APM.
- National Science Board [NSB] (2002). Science and technology: public attitudes and public understanding. *Science and Engineering Indicators*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- NCTM (1991). *Normas para o Currículo e a Avaliação em Matemática Escolar*. (Tradução portuguesa). Lisboa: APM e IIE.
- Pinto-Ferreira et al. (2007). *PISA 2006 – Competências científicas dos alunos portugueses*. Lisboa: ME/GAVE.
- Pólya, G. (1946). *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Princeton (NJ): Princeton University Press.
- Ponte, et al. (2007a). *Programa de Matemática do Ensino Básico*. ME/DGIDC.
- Ponte, et al. (2007b). A comunicação nas práticas de jovens professores de Matemática. *Revista Portuguesa de Educação*, 20(2), 39-74.
- Rebola, F. (2002). *Transferência de capacidades de resolução de problemas em contexto escolar a partir do domínio específico das Ciências da Natureza. Um estudo qualitativo com alunos do 6º ano*. Tese de Mestrado em Educação, especialidade Didáctica das Ciências. Documento policopiado. Lisboa: Universidade de Lisboa.
- UNESCO (2006a). *Handbook for Literacy and Non-formal Education Facilitators in Africa*. Paris: UNESCO.
- UNESCO (2006b). *Synergies between Formal and Non-formal Education: An Overview of Good Practices*. Paris: UNESCO.

## ANEXOS

## Anexo Circuitos, módulos e placards do Jardim da Ciência.

|                                | Módulo  | Placard   |
|--------------------------------|---|---|
| CIRCUITO DA ÁGUA               |    | <p><b>prisma Giratório</b></p> <p>Orienta o prisma para uma fonte luminosa, tentando fazer incidir nele os raios de sol, se tal for possível.</p> <p>O que observas?<br/>Por que é que isso acontece?</p>   |
|                                |    | <p><b>tenda de Espelhos</b></p> <p>Entra neste pequeno labirinto, desloca-te no espaço interior e observa a tua volta.</p> <p>Quantas imagens vês quando te colocas nos locais assinalados, no chão, com a marca dos pés?<br/>Por que razão assim acontece?</p>   |
| CIRCUITO DE FORÇAS E MOVIMENTO |    | <p><b>aeroSkate</b></p> <p>Sobe para o skate e, de pé, agarra-te às correntes penduradas.</p> <p>Quando estiveres seguro, começa a balançar-te, lentamente, para os lados.</p> <p>Até onde consegues ir?<br/>Por que será que tal acontece?</p>   |
|                                |   | <p><b>vai Rodando</b></p> <p>Convida, no máximo, 2 colegas.</p> <p>Sobe para a roda e, sentado ou de pé, segura-te às barras de proteção. Inicia o movimento da roda com o pé, ou pedindo ajuda de um professor ou monitor.</p> <p>Experimenta esticar um braço ou perna para fora.</p> <p>O que acontece?<br/>Por que será que tal ocorre?</p>                         |
|                                |  | <p><b>giraBolas</b></p> <p>Convida alguém para jogar.</p> <p>Escolhe a cor das tuas bolas: <b>laranja</b> ou <b>verde</b>.</p> <p>Verifica se todas as bolas estão fora dos custos antes de começar.</p> <p>Os 2 jogadores devem começar ao mesmo tempo.</p> <p>Tenta ser o primeiro a encostar as tuas bolas.</p> <p>Quem ganhou?<br/>Por que é que tal aconteceu?</p> |
|                                |  | <p><b>vai e vem nas Cadeiras</b></p> <p>Experimenta sentar-te em cada uma das cadeiras e tenta elevá-la, puxando a corda.</p> <p>O que acontece?<br/>Qual destas cadeiras escolherias para elevá-la com mais facilidade? Por que será?</p>  |



|   |   |  |
|---|---|--|
|    | <h3>cordas que Tocam</h3> <p>Experimenta tocar o sino puxando cada uma das cordas.</p> <p>O que acontece?</p> <p>Qual destas cordas escolherias para tocar o sino com mais facilidade?</p> <p>Por que será?</p>   |  |
|    | <h3>visciTubos</h3> <p>Roda lentamente os vários tubos com diferentes líquidos.</p> <p>Observa o que acontece nos tubos.</p> <p>O que acontece?</p> <p>Porquê?</p>  |  |
|    | <h3>eleva a Água</h3> <p>Roda o parafuso.</p> <p>Observa o que acontece à água.</p> <p>Por que é que tal acontece?</p> <p>Escolhe o circuito (I ou II), com a ajuda do monitor ou professor, para a água que elevaste.</p>                                    |  |
|    | <h3>solta a Água</h3> <p>Levanta a comporta.</p> <p>Observa o que a água em movimento pode fazer.</p> <p>Já observaste algo parecido?</p> <p>O quê?</p> <p>Onde?</p>  |  |
|  | <h3>rodopio da Água</h3> <p>Observa a água que corre pelo tubo e cai nas pás.</p> <p>Por que é que as pás rodam?</p> <p>O que acontece à lâmpada?</p> <p>Por que será?</p> <p>Para onde irá a água que escorre?</p>   |  |
|  | <h3>aquário da nossa costa</h3> <p>Observa os seres vivos que estão no aquário.</p> <p>Já os tinhas visto? Onde?</p> <p>De que se alimentam?</p> <p>Desafio: Identifica cada ser vivo.</p> <p>Ajuda: Podes usar as imagens que estão ao fundo do aquário.</p> |  |